

[3]

2002473079



35

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales BüroINTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : G06F 17/60	A2	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 99/66434 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 23. Dezember 1999 (23.12.99)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE99/01672 (22) Internationales Anmeldedatum: 7. Juni 1999 (07.06.99) (30) Prioritätsdaten: 198 27 024.0 17. Juni 1998 (17.06.98) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HILLERMEIER, Claus [DE/DE]; Joh.-Seb.-Bach-Strasse 19, D-80637 München (DE). (74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGE- SELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D-80506 München (DE).		(81) Bestimmungsstaaten: US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i>
(54) Title: METHOD AND ARRANGEMENT FOR DESIGNING A TECHNICAL SYSTEM (54) Bezeichnung: VERFAHREN UND ANORDNUNG ZUM ENTWURF EINES TECHNISCHEN SYSTEMS <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="flex: 1;"> <pre> graph TD 106[Nebenbedingungen] --> 101[Lösung von (2)] 101 --> 102[Vorgabe neuer Richtung δ] 102 --> 103[Näherungswert x̃ bestimmen] 103 --> 104[Lösung von (5)] 104 --> 105[Parameter des techn. Systems] 104 --> 106 </pre> </div> <div style="flex: 1; margin-left: 20px;"> <p>101...SOLUTION OF (2) 102...INDICATE NEW DIRECTION δ 103...DETERMINE APPROXIMATE VALUE \tilde{x} 104...SOLUTION OF (5) 105...TECHNICAL SYSTEM PARAMETERS 106...SECONDARY CONDITIONS</p> </div> </div>		
(57) Abstract <p>In order to design a technical system having a predetermined number of target functions, each target function is provided with a weight parameter, said weight parameters being changed in a predetermined manner. In order to conduct multitarget optimization, an efficient parameter vector that may include operational points and layout parameters of the technical system is detected. The technical system is designed, adapted or adjusted on the basis of said parameter vector.</p>		

BEST AVAILABLE COPY

(57) Zusammenfassung

Zum Entwurf eines technischen Systems, das eine vorgegebene Menge von Zielfunktionen aufweist, wird jede Zielfunktion mit einem Gewichtsparameter versehen und die Gewichtsparameter werden in vorgegebener Art und Weise verändert. Im Rahmen einer Mehrzieloptimierung wird ein effizienter Parametervektor, der sowohl Betriebspunkte als auch Auslegungsparameter des technischen Systems umfassen kann, ermittelt. Anhand dieses Parametervektors wird das technische System entworfen, angepaßt bzw. eingestellt.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbajdschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland			TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauretanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko		
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CM	Kamerun			PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

Beschreibung

Verfahren und Anordnung zum Entwurf eines technischen Systems

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zum Entwurf eines technischen Systems.

Für ein komplexes technisches System sind in einer frühen Planungsphase oder auch während des Betriebs signifikante
10 Größen wie Kosten für eine Herstellung oder Wirkungsgrad des Systems von Interesse. Eine Abhängigkeit jeder dieser Größen von einer vorgegebenen Menge n auf sie Einfluß nehmende Parameter (Betriebsparameter), zusammengefaßt in einem Parametervektor \underline{x} der Dimension n , wird durch eine
15 Zielfunktion erfaßt.

Sind mehrere Zielfunktionen mit zueinander konkurrierenden Zielen gegeben, ist im Rahmen einer sogenannten Mehrzieloptimierung sicherzustellen, daß die Parameter
20 gleichzeitig für alle gegebenen Zielfunktionen eine Lösung mit ausreichender Güte darstellen.

Es gibt zahlreiche numerische Verfahren, die zur Lösung von Gleichungssystemen eingesetzt werden. Umsetzungen solcher
25 Verfahren in auf Rechnern ablauffähige Algorithmen sind weit verbreitet. Im einzelnen sind besonders die folgenden numerischen Verfahren hervorzuheben:

Aus [1] ist ein numerisches Verfahren zur nichtlinearen Optimierung, z.B. die BFGS-Variante des Quasi-Newton-
30 Verfahrens, bekannt. Ebenfalls geht aus [1] ein SQP-Verfahren zur nichtlinearen Optimierung mit Nebenbedingungen hervor. In [2] ist das Newton-Verfahren zur Lösung eines Systems von nichtlinearen Gleichungen beschrieben.

- 35 Die **Aufgabe** der Erfindung besteht darin, ein Verfahren und eine Anordnung zum Entwurf eines technischen Systems anzugeben, wobei im Rahmen der Mehrzieloptimierung mindestens

2

ein Parametervektor ermittelt wird, der eine Lösung mit ausreichender Güte im Hinblick auf den Entwurf des technischen Systems darstellt.

- 5 Diese Aufgabe wird gemäß den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich auch aus den abhängigen Ansprüchen.

Zur Lösung der Aufgabe wird ein Verfahren angegeben, bei dem
10 das technische System eine vorgegebene Menge von k Zielfunktionen

$$(f_1, f_2, \dots, f_k) = \underline{f}^T$$

- 15 aufweist, wobei jede Zielfunktion vorzugsweise von einer vorgegebenen Menge von n Parametern

$$(x_1, x_2, \dots, x_n) = \underline{x}^T,$$

- 20 zusammengefaßt in einem Parametervektor \underline{x} , beeinflussbar ist. Es wird ferner jede Zielfunktion mit einem Gewichtsparameter versehen. Nach Veränderung der Gewichtsparameter auf vorgegebene Art und Weise werden Parameter für den Entwurf des technischen Systems ermittelt. Bevorzugt stellen diese
25 Parameter einen sogenannten effizienten Parametervektor des technischen Systems dar.

Wahlweise erfolgt der Entwurf des technischen Systems, der in der beschriebenen Bestimmung des Parametervektors mit n
30 Parametern resultiert, oder ein Parametervektor eines bereits realisierten Systems wird entworfen, indem für das existente System im Hinblick auf die gegebenen Zielfunktionen ein Parametervektor bestimmt wird, welcher Parametervektor eine hohe Güte des Systems gewährleistet.

35

Diese Güte wird mittels der k Zielfunktionen bewertet, wobei die Zielfunktionen gegeneinander konkurrieren, d.h. mit der

Verbesserung eines Wertes für eine Zielfunktion, verschlechtert sich der Wert mindestens einer anderen Zielfunktion. Beispiele für konkurrierende Zielfunktionen sind:

5

$$\underline{f}^T = (f_1, f_2) = (\text{Anlagenwirkungsgrad, Investitionskosten})$$

oder

10

$$\underline{f}^T = (f_1, f_2, f_3) = (\text{Produktdurchsatz, Ausfall-
wahrscheinlichkeit, Schadstoffausstoß}).$$

Für einen erfolgreichen Entwurf, also eine gelungene Kompromißlösung zwischen den konkurrierenden Zielfunktionen, werden automatisch mehrere Alternativlösungen ermittelt. Jede der Alternativlösungen ist dabei "effizient", d.h. diese Alternativlösung (=Parametervektor) kann nicht mehr verändert werden, ohne daß sich dadurch eine Verschlechterung für mindestens einen Wert einer Zielfunktion ergäbe.

20

Im Rahmen einer Feinauslegung des technischen Systems, z.B. einer technischen Anlage, ist manchmal ein Parametervektor (als Betriebsparameter der Anlage oder Auslegungsparameter für die Anlage) nicht umsetzbar, weshalb auf eine Alternativlösung zurückzugreifen unverzichtbar ist.

25

Die Erfindung ermöglicht eine automatische Generierung einer Menge von Alternativlösungen, deren jede im Hinblick auf die Einstellung oder Auslegung des technischen Systems bzw. der technischen Anlage eine effiziente Realisierung darstellt.

30

Einzelne Alternativlösungen werden durch schrittweise Modifikation bereits bestimmter oder vorgegebener effizienter Lösungen ermittelt, insbesondere durch Veränderung des Gewichtsparemetervektors $\underline{\alpha}$.

35

Eine Weiterbildung der Erfindung besteht darin, daß folgende Schritte zum Entwurf des technischen Systems durchgeführt werden:

Es wird eine globale Zielfunktion vorgegeben gemäß

5

$$g_{\alpha} = \underline{\alpha}^T \cdot \underline{f} \quad (1),$$

wobei

$\underline{\alpha}^T$ einen transponierten Vektor mit k Gewichtsparametern,
10 \underline{f} einen Vektor mit k Zielfunktionen

bezeichnen. Die k Zielfunktionen spannen dabei einen k-Raum auf. Es wird ein erster Vektor \underline{x}_S mit Parameterwerten

bestimmt, indem das Gleichungssystem

$$15 \quad \left(\frac{\partial}{\partial x_1} \dots \frac{\partial}{\partial x_n} \right)^T \cdot g_{\alpha} = 0 \quad (2)$$

gelöst wird. Ein neuer Vektor $\underline{\alpha}_{\text{neu}}$ mit Gewichtsparametern wird durch die Beziehung

$$20 \quad \underline{\alpha}_{\text{neu}} = \underline{\alpha} + c \cdot \underline{\delta} \quad (3)$$

bestimmt, wobei

c eine vorgegebene Konstante und
 $\underline{\delta}$ eine vorgegebene Richtung im k-Raum

25 bezeichnen. Entlang der Richtung $\underline{\delta}$ in dem k-Raum werden stationäre Werte für die Parameter (den Parametervektor) ermittelt, indem ein Näherungswert

$$\tilde{\underline{x}} = \underline{x}_S - \left(\frac{\partial}{\partial \underline{x}_S} \underline{F} \right)^{-1} \cdot \frac{\partial}{\partial \underline{\alpha}} \underline{F} \cdot c \cdot \underline{\delta} \quad (4)$$

30

bestimmt wird, wobei

\underline{F} den Gradienten $\left(\frac{\partial}{\partial x_1} \dots \frac{\partial}{\partial x_n} \right)^T \cdot g_{\alpha}$

5

bezeichnet und dieser Näherungswert \tilde{x} als ein Startwert für ein Verfahren zur Lösung eines nichtlinearen Gleichungssystems

$$5 \quad \left(\frac{\partial}{\partial x_1} \dots \frac{\partial}{\partial x_n} \right)^T \cdot g_{\alpha+c\delta} = 0 \quad (5)$$

vorgegeben wird. Schließlich sind durch die Lösung dieses nichtlinearen Gleichungssystems die Parameter für den Entwurf des technischen Systems bestimmt.

10

Dabei ist es besonders von Vorteil, daß ausgehend von einem Parametervektor \underline{x} entlang einer vorgegebenen Richtung $\underline{\delta}$ im k-Raum (vgl. Gleichung (3)), also im Raum der durch die k Zielfunktionen aufgespannt wird, ein neuer stabiler

15 Parametervektor gemäß Gleichung (5) bestimmt werden und somit das technische System für einen bislang unbekannten stabilen Parametervektor entworfen werden kann. Dabei ist an diesem mehrdimensionalen Betriebspunkt (Parametervektor) Stabilität des technischen Systems gewährleistet.

20

Beispiele für Zielfunktionen sind vom System verursachte Kosten, Abgasanfall, Ausfallwahrscheinlichkeit und Wirkungsgrad des technischen Systems.

25 Eine Weiterbildung besteht darin, daß iterativ entlang weiterer Richtungen $\underline{\delta}_p$ (mit p als Index für jede der weiteren Richtungen) jeweils für jede Richtung ein Parametervektor für den Entwurf des technischen Systems ermittelt wird. Dies kann automatisiert erfolgen, indem der
30 Reihe nach zu jeder Richtung $\underline{\delta}_p$ je ein stabiler Betriebspunkt ermittelt wird.

Eine Ausgestaltung der Erfindung besteht darin, daß zur Lösung der Gleichungssysteme jeweils ein numerisches
35 Verfahren, z.B. das Newton-Verfahren, eingesetzt wird.

Im Rahmen einer weiteren Ausgestaltung wird das technische System anhand der ermittelten Parameter realisiert bzw. eingestellt. Somit kommt der Vorteil zum Tragen, daß die Parameter in einem Parametervektor, der mittels der Erfindung
5 bestimmt wurde, einen stabilen Betriebspunkt kennzeichnen und die Einstellung des Systems auf diesen Betriebspunkt einen sicheren Zustand des Systems gewährleistet.

Eine andere Weiterbildung besteht darin, daß die Parameter
10 der Zielfunktion Betriebsparameter oder Auslegungsparameter sein können. Betriebsparameter kennzeichnen mögliche einstellbare Größen, während Auslegungsparameter insbesondere physikalische Abmessungen des technischen Systems kennzeichnen und während des Betriebs gar nicht oder nur mit
15 hohem Aufwand angepaßt oder verändert werden können.

Auch ist es eine Weiterbildung der Erfindung, daß zur Lösung der Gleichungssysteme (2) und (5) Nebenbedingungen berücksichtigt werden.

20

Weiterhin wird zur Lösung der Aufgabe eine Anordnung angegeben, die eine Prozessoreinheit aufweist, welche Prozessoreinheit derart eingerichtet ist, daß folgende Schritte durchführbar sind:

25

- das technische System weist eine vorgegebene Menge von k Zielfunktionen

$$(f_1, f_2, \dots, f_n) = \underline{f}^T$$

30

auf, wobei jede Zielfunktion vorzugsweise von einer vorgegebenen Menge von n Parametern

$$(x_1, x_2, \dots, x_n) = \underline{x}^T,$$

35

zusammengefaßt in einem Parametervektor \underline{x} , beeinflußbar ist.

- Ferner wird jede Zielfunktion mit einem Gewichtsparameter versehen.
- Die Gewichtsparameter werden auf vorgegebene Art verändert.
- Aus für die mit den veränderten Gewichtsparameter versehenen Zielfunktionen werden Parameter für den Entwurf des technischen Systems bestimmt, welche Parameter insbesondere Stabilität des technischen Systems gewährleisten.

In einer Weiterbildung ist die Anordnung mit der Prozessoreinheit derart ausgestaltet, daß folgende Schritte durchführbar sind:

- für das technische System wird eine globale Zielfunktion gemäß Gleichung (1) vorgegeben, wobei das technische System eine vorgegebene Menge von k Zielfunktionen aufweist und jede Zielfunktion durch eine Menge von n Parametern (zusammengefaßt in einem Parametervektor \underline{x}) beeinflussbar ist;
- durch Lösen eines Gleichungssystems (2) wird ein erster Parametervektor \underline{x}_s ermittelt;
- ein neuer Vektor mit einem Gewichtsparameter-Vektor $\underline{\alpha}_{\text{neu}}$ wird durch Gleichung (3) bestimmt;
- entlang der Richtung $\underline{\delta}$ wird ein stationärer Parametervektor (stationäre Parameterwerte für diesen Parametervektor) bestimmt, indem anhand Gleichung (4) ein Näherungsparametervektor $\tilde{\underline{x}}$ ermittelt wird, wobei dieser Näherungsparametervektor $\tilde{\underline{x}}$ als ein Startwert für ein Verfahren zur Lösung des nichtlinearen Gleichungssystems gemäß Gleichung (5) eingesetzt wird;

- durch die Lösung von Gleichung (5) sind die Parameter für den Entwurf des technischen Systems bestimmt.

Diese Anordnung ist insbesondere geeignet zur Durchführung
5 des erfindungsgemäßen Verfahrens oder einer seiner vorstehend erläuterten Weiterbildungen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnung dargestellt und erläutert.

10

Es zeigen

Fig.1 ein Blockdiagramm mit Schritten zum Entwurf eines technischen Systems;

15

Fig.2 eine Prozessoreinheit.

Fig.1 zeigt ein Blockdiagramm mit Schritten zum Entwurf eines
20 technischen Systems. Das technische System umfaßt eine vorgegebene Menge von k Zielfunktionen, wobei eine Zielfunktion die Kosten für das technische System, eine andere Zielfunktion den Wirkungsgrad des technischen Systems darstellen. Jede Zielfunktion umfaßt eine Menge von n
25 Parametern, wobei diese Parameter als Parametervektor zusammengefaßt sind. Die Parameter (auch: Parameterwerte) sind insbesondere Betriebsparameter oder Auslegungsparameter.

Eine globale Zielfunktion gemäß Gleichung (1) ist bestimmt
30 durch

$$g_{\alpha} = \alpha_1 f_1 + \alpha_2 f_2 + \dots + \alpha_k f_k \quad (1a).$$

Entsprechend den k Zielfunktionen gibt es also k
35 Gewichtsparameter α_k , zusammengefaßt in einem Gewichtsparameter-Vektor $\underline{\alpha}$.

In einem Schritt 101 wird ein erster (Parameter-)Vektor \underline{x}_s ermittelt, indem Gleichung (2) gelöst wird. Für diese Lösung wird insbesondere ein numerisches Verfahren zur nichtlinearen Optimierung, z.B. die BFGS-Variante des Quasi-Newton-Verfahrens (vgl. [1]) eingesetzt.

Das Ergebnis der Lösung von Gleichung (2) ist ein stabiler Parametervektor \underline{x}_s .

10 Ausgehend von dem Gewichtsparemeter-Vektor $\underline{\alpha}$ (im k-Raum, also dem Raum, der durch die Zielfunktionen aufgespannt wird) wird im k-Raum entlang einer vorgegebenen Richtung $\underline{\delta}$ mit einer diskretisierten Länge $|\underline{\delta}|$ entsprechend Gleichung (3) ein neuer Gewichtsparemeter-Vektor $\underline{\alpha}_{\text{neu}}$ ermittelt (vgl. Schritt 15 102).

In einem Schritt 103 wird ein Näherungswert (Näherungsparametervektor) $\underline{\tilde{x}}$ bestimmt. Dabei dient dieser Näherungswert $\underline{\tilde{x}}$ als Startwert für ein Verfahren zur Lösung eines nichtlinearen Gleichungssystems gemäß Gleichung (5) (siehe Schritt 104). Zur Lösung dieses Gleichungssystems wird z.B. das Newton-Verfahren eingesetzt (vgl. [2]).

Schritt 105 zeigt die Bestimmung der Parameter für den Entwurf des technischen Systems aus der Lösung der Gleichung (5).

Alternativ werden zusätzlich, wie in Fig.1 mit Block 106 angedeutet ist, Nebenbedingungen mitberücksichtigt.

30 Dazu werden folgende Gleichheitsnebenbedingungen

$$h_i(\underline{x}) = 0, \quad i=1,2,\dots,m \quad (6)$$

35 und/oder folgende Ungleichheitsnebenbedingungen

$$h_i(\underline{x}) \leq 0, \quad i=m+1,\dots,m+r \quad (7)$$

vorgegeben. Somit erweitert sich der Parameterraum: Zu den n Parametern (zusammengefaßt im Parametervektor \underline{x}) kommen $m+r$ Lagrange-Multiplikatoren λ_i (mit $i=1,2,\dots,m+r$) und r

5 Schlupfvariablen $\underline{s} \in \mathbf{R}^r$. Diese Schlupfvariablen sind geeignet, um aus Ungleichungen gemäß Gleichung (7) Gleichungen zu erhalten, insbesondere in der Form

$$h_i(x) + (s_i)^2 = 0.$$

In Schritt 101 ist nun ein Gleichungssystem

$$\left[\begin{array}{l} \bar{\nabla} g_{\alpha}(\underline{x}) - \sum_{i=1}^{m+r} \lambda_i \cdot \bar{\nabla} h_i(\underline{x}) = \underline{0} \quad : \text{ n Gleichungen} \\ \left. \begin{array}{l} h_1(\underline{x}) = 0 \\ \vdots \\ h_m(\underline{x}) = 0 \end{array} \right\} \text{ m Gleichheitsnebenbedingungen} \\ \lambda_{m+1} \cdot h_{m+1}(\underline{x}) = 0 \\ \vdots \\ \lambda_{m+r} \cdot h_{m+r}(\underline{x}) = 0 \\ \left. \begin{array}{l} h_{m+1}(\underline{x}) + (s_1)^2 = 0 \\ \vdots \\ h_{m+r}(\underline{x}) + (s_r)^2 = 0 \end{array} \right\} \text{ r Ungleichheitsnebenbedingungen} \end{array} \right] \quad (8)$$

- 5 zu lösen. Zur Lösung des Gleichungssystems (8) wird bevorzugt ein SQP-Verfahren zur linearen Optimierung mit Nebenbedingungen eingesetzt (siehe [1]). Gleichung (8) ist anstelle \underline{F} in Gleichung (4) einzusetzen, um den Näherungswert (Näherungsparametervektor) $\tilde{\underline{x}}$ zu erhalten. Ebenso werden die
- 10 Nebenbedingungen (6) und (7) in Schritt 104 (Gleichung (5)) berücksichtigt, indem

$$\left(\frac{\partial}{\partial x_m} \cdots \frac{\partial}{\partial x_n} \right)^T g_{\alpha+c\delta}$$

- 15 durch $\underline{F}_{\alpha+c\delta}$ analog zu obigen Ausführungen und Gleichung (8) eingesetzt wird. In diesem Fall wird Gleichung (5) zu

$$\underline{F}_{\alpha+c\delta} = 0.$$

12

In Fig.2 ist eine Prozessoreinheit PRZE dargestellt. Die Prozessoreinheit PRZE umfaßt einen Prozessor CPU, einen Speicher SPE und eine Input/Output-Schnittstelle IOS, die über ein Interface IFC auf unterschiedliche Art und Weise genutzt wird: Über eine Grafikschnittstelle wird eine Ausgabe auf einem Monitor MON sichtbar und/oder auf einem Drucker PRT ausgegeben. Eine Eingabe erfolgt über eine Maus MAS oder eine Tastatur TAST. Auch verfügt die Prozessoreinheit PRZE über einen Datenbus BUS, der die Verbindung von einem Speicher MEM, dem Prozessor CPU und der Input/Output-Schnittstelle IOS gewährleistet. Weiterhin sind an den Datenbus BUS zusätzliche Komponenten anschließbar, z.B. zusätzlicher Speicher, Datenspeicher (Festplatte) oder Scanner.

15

Literaturverzeichnis:

- [1] R. Fletcher: "Practical Methods of Optimization", John Wiley & Sons, Winchester 1987, pages 48-55 and 304-307.
- [2] H. R. Schwarz: "Numerische Mathematik", Teubner Verlag, Stuttgart 1997, Seiten 213, 214.
- 5

Patentansprüche

1. Verfahren zum Entwurf eines technischen Systems,

- 5 a) bei dem das technische System eine vorgegebene Menge von k Zielfunktionen aufweist;
- b) bei dem jede Zielfunktion mit einem Gewichtsparameter versehen wird;
- 10 c) bei dem eine vorgegebene Veränderung der Gewichtsparameter durchgeführt wird;
- d) bei dem Parameter für den Entwurf des technischen Systems anhand der veränderten Gewichtsparameter bestimmt werden.
- 15

2. Verfahren nach Anspruch 1,

- 20 a) bei dem jede Zielfunktion von einer vorgegebenen Menge von n Parametern beeinflusst wird;
- b) bei dem eine globale Zielfunktion

25
$$g_{\alpha} = \underline{\alpha}^T \cdot \underline{f}$$

vorgegeben wird, wobei

$\underline{\alpha}^T$ einen transponierten Vektor mit den Gewichtsparametern und

30 \underline{f} einen Vektor mit k Zielfunktionen bezeichnen;

- c) bei dem ein erster Vektor \underline{x}_s mit Parameterwerten bestimmt wird, indem das Gleichungssystem

35
$$\left(\frac{\partial}{\partial x_1} \dots \frac{\partial}{\partial x_n} \right)^T \cdot g_{\alpha} = 0$$

gelöst wird;

d) bei dem ein neuer Vektor $\underline{\alpha}_{\text{neu}}$ ermittelt wird gemäß

$$\underline{\alpha}_{\text{neu}} = \underline{\alpha} + c \cdot \underline{\delta},$$

wobei

c eine vorgegebene Konstante und

$\underline{\delta}$ eine vorgegebene Richtung im k -Raum
bezeichnen;

e) bei dem entlang der Richtung $\underline{\delta}$ stationäre Werte für
die Parameter bestimmt werden, indem ein Näherungswert
gemäß der Beziehung

$$\tilde{\underline{x}} = \underline{x}_S - \left(\frac{\partial}{\partial \underline{x}_S} \underline{F} \right)^{-1} \cdot \frac{\partial}{\partial \underline{\alpha}} \underline{F} \cdot c \cdot \underline{\delta}$$

bestimmt wird, wobei

$$\underline{F} \text{ den Gradienten } \left(\frac{\partial}{\partial x_1} \dots \frac{\partial}{\partial x_n} \right)^T \cdot g_{\alpha}$$

bezeichnet und dieser Näherungswert als ein Startwert
für ein Verfahren zur Lösung eines nichtlinearen
Gleichungssystems

$$\left(\frac{\partial}{\partial x_1} \dots \frac{\partial}{\partial x_n} \right)^T \cdot g_{\alpha + c\delta} = \underline{0}$$

vorgegeben wird;

f) bei dem durch die Lösung des nichtlinearen
Gleichungssystems die Parameter für den Entwurf des
technischen Systems bestimmt sind.

3. Verfahren nach Anspruch 2,
bei dem iterativ für weitere Richtungen Parameterwerte
für den Entwurf des technischen Systems ermittelt werden.
- 5 4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3,
bei dem zur Bestimmung des ersten Vektors \underline{x}_S ein Quasi-
Newton-Verfahren eingesetzt wird.
- 10 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4,
bei dem zur Lösung des Gleichungssystems aus Schritt e)
ein Newton-Verfahren eingesetzt wird.
- 15 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei dem das technische System anhand der Parameter für
den Entwurf realisiert wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei dem eine Anpassung des technischen Systems erfolgt.
- 20 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei dem die Parameter der Zielfunktion Betriebsparameter
oder Auslegungsparameter der technischen Systems sind.
- 25 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 8,
bei dem bei der Lösung des Gleichungssystems aus Schritt
d) zusätzlich Gleichheitsnebenbedingungen und/oder
Ungleichheitsnebenbedingungen vorgegeben sind.
- 30 10. Anordnung zum Entwurf eines technischen Systems,
mit einer Prozessoreinheit, die derart eingerichtet ist,
daß
a) das technische System eine vorgegebene Menge von k
35 Zielfunktionen aufweist;

17

b) jede Zielfunktion mit einem Gewichtsparameter versehen wird;

5 c) eine vorgegebene Veränderung der Gewichtsparameter durchführbar ist;

d) Parameter für den Entwurf des technischen Systems anhand der veränderten Gewichtsparameter bestimmt werden.

10

11. Anordnung nach Anspruch 10,
bei dem die Prozessoreinheit derart eingerichtet ist, daß

15 a) das technische System eine vorgegebene Menge von k Zielfunktionen aufweist;

b) jede Zielfunktion von einer vorgegebenen Menge von n Parametern beeinflussbar ist;

20 c) eine globale Zielfunktion

$$g_{\alpha} = \underline{\alpha}^T \cdot \underline{f}$$

vorgebbar ist, wobei

25 $\underline{\alpha}^T$ einen transponierten Vektor mit Gewichtsparametern,
 \underline{f} einen Vektor mit k Zielfunktionen
bezeichnen;

30 d) ein erster Vektor \underline{x}_s mit Parameterwerten bestimmbar ist, indem das Gleichungssystem

$$\left(\frac{\partial}{\partial x_1} \dots \frac{\partial}{\partial x_n} \right)^T \cdot g_{\alpha} = 0$$

gelöst wird;

35

18

e) ein neuer Vektor $\underline{\alpha}_{\text{neu}}$ ermittelbar ist gemäß

$$\underline{\alpha}_{\text{neu}} = \underline{\alpha} + c \cdot \underline{\delta},$$

5

wobei

c eine vorgegebene Konstante und

$\underline{\delta}$ eine vorgegebene Richtung im k -Raum
bezeichnen;

10

f) entlang der Richtung $\underline{\delta}$ stationäre Werte für die
Parameter bestimmbar sind, indem ein Näherungswert
gemäß der Beziehung

$$\tilde{\underline{x}} = \underline{x}_S - \left(\frac{\partial}{\partial \underline{x}_S} \underline{F} \right)^{-1} \cdot \frac{\partial}{\partial \underline{\alpha}} \underline{F} \cdot c \cdot \underline{\delta}$$

15

ermittelt wird, wobei

$$\underline{F} \text{ den Gradienten } \left(\frac{\partial}{\partial x_1} \dots \frac{\partial}{\partial x_n} \right)^T \cdot g_{\alpha}$$

bezeichnet und dieser Näherungswert als ein Startwert
für ein Verfahren zur Lösung eines nichtlinearen
Gleichungssystems

20

$$\left(\frac{\partial}{\partial x_1} \dots \frac{\partial}{\partial x_n} \right)^T \cdot g_{\alpha + c\delta} = 0$$

bestimmt wird;

25

g) durch die Lösung des nichtlinearen Gleichungssystems
die Parameter für den Entwurf des technischen Systems
bestimmbar sind.

1/1

FIG 1

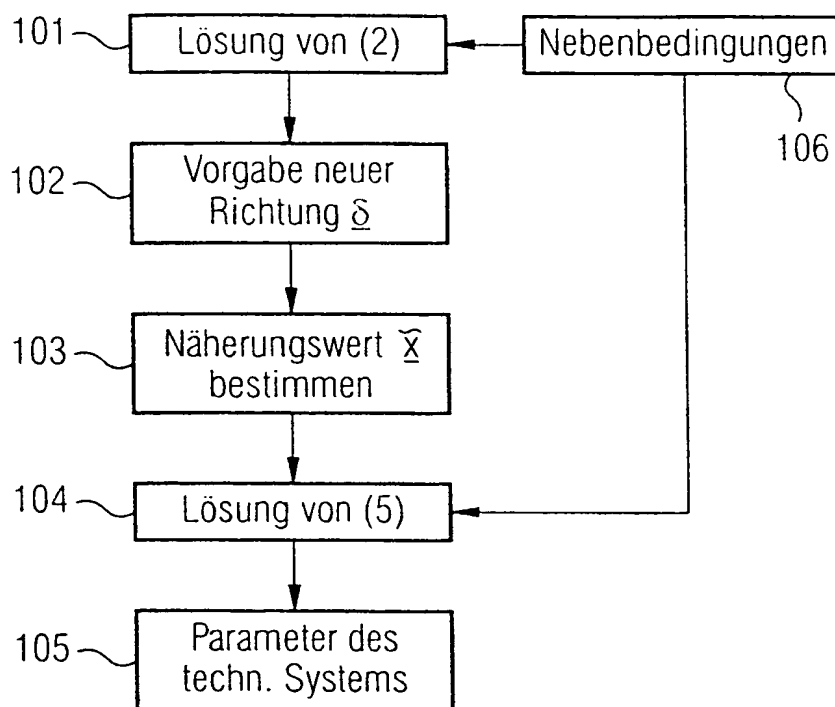
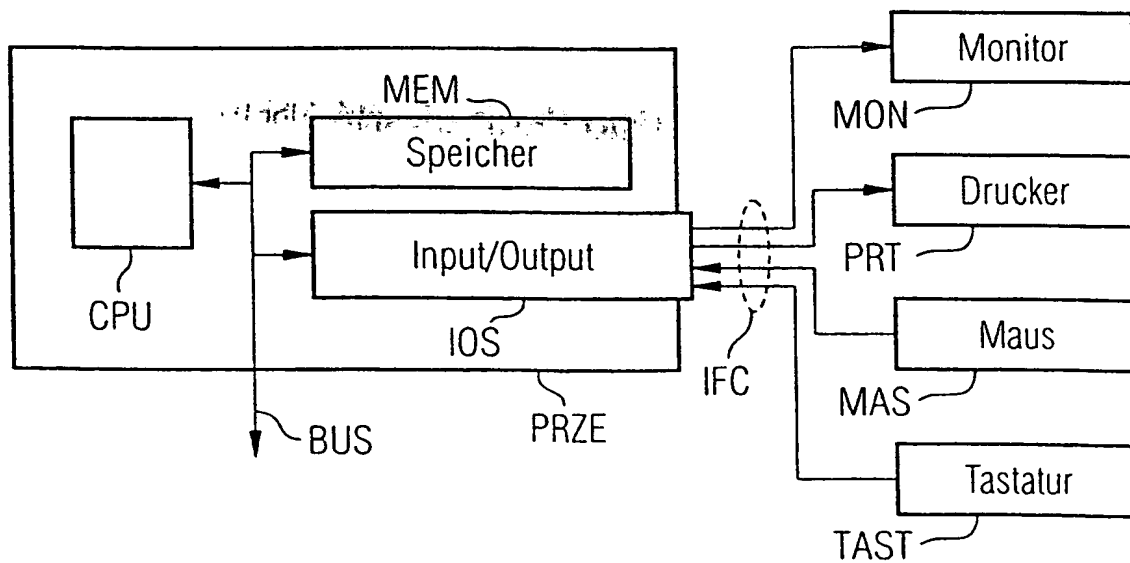


FIG 2



THIS PAGE BLANK (USPTO)

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
23. Dezember 1999 (23.12.1999)

PCT

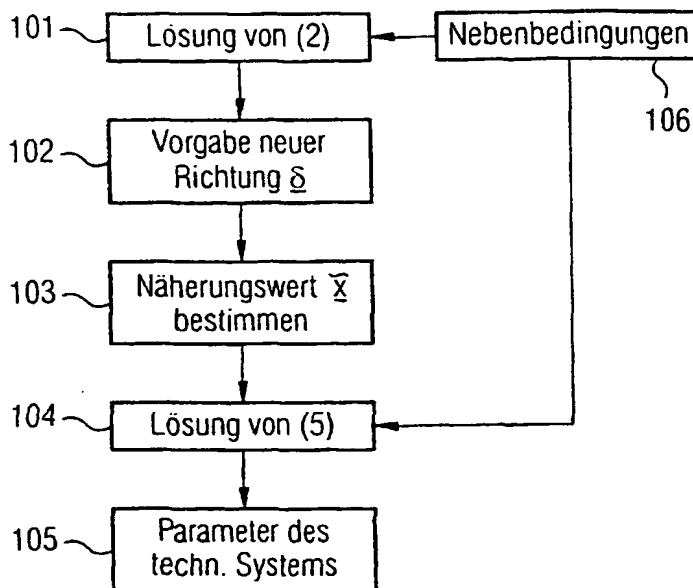
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 99/66434 A3

- (51) Internationale Patentklassifikation⁶: G06F 17/60, 17/50 (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE99/01672 (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HILLERMEIER, Claus [DE/DE]; Joh.-Seb.-Bach-Strasse 19, D-80637 München (DE).
- (22) Internationales Anmeldedatum: 7. Juni 1999 (07.06.1999)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch (74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D-80506 München (DE).
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 198 27 024.0, 17. Juni 1998 (17.06.1998) DE (81) Bestimmungsstaat (national): US.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND ARRANGEMENT FOR DESIGNING A TECHNICAL SYSTEM

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND ANORDNUNG ZUM ENTWURF EINES TECHNISCHEN SYSTEMS



(57) Abstract: In order to design a technical system having a predetermined number of target functions, each target function is provided with a weight parameter, said weight parameters being changed in a predetermined manner. In order to conduct multitarget optimization, an efficient parameter vector that may include operational points and layout parameters of the technical system is detected. The technical system is designed, adapted or adjusted on the basis of said parameter vector.

(57) Zusammenfassung: Zum Entwurf eines technischen Systems, das eine vorgegebene Menge von Zielfunktionen aufweist, wird jede Zielfunktion mit einem Gewichtsparameter versehen und die Gewichtsparameter werden in vorgegebener Art und Weise verändert. Im Rahmen einer Mehrzieloptimierung wird ein effizienter Parametervektor, der sowohl Betriebspunkte als auch Auslegungsparameter des technischen Systems umfassen kann, ermittelt. Anhand dieses Parametervektors wird das technische System entworfen, angepaßt bzw. eingestellt.

WO 99/66434 A3

- 101...SOLUTION OF (2)
106...SECONDARY CONDITIONS
102...INPUT NEW DIRECTION δ
103...DETERMINE APPROXIMATE VALUE \tilde{x}
104...SOLUTION OF (5)
105...PARAMETER OF THE TECHNICAL SYSTEM



(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(88) Veröffentlichungsdatum des internationalen

Recherchenberichts:

7. September 2001

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/E99/01672

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC6. G06F 17/60, 17/50

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC6. G06F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 159 562 A (PUTMAN RICHARD E J ET AL) 27 October 1992 (27.10.92)	1, 10
A	figure 3, column 1, line 1 – column 3, line 10 -----	2-9, 11
X	EP 0 417 993 A (HITACHI LTD) 20 March 1991 (20.01.91)	1, 10
A	pages 1-5, page 9, lines 5-22 -----	2-9, 11
A	US 4 918 643 A (WONG CHIU-SEUNG R) 17 April 1990 (17.04.90) Column 5, line 45 – column 6, line 2; figure 4 ----- /..	1-11

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier document but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
3 November 1999 (03.11.99)Date of mailing of the international search report
11 November 1999 (11.11.99)

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office

Authorized officer

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/DE 99/01672

C. (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN VOLUME 014, Nr. 260 (P-1056), 5 June 1990 (05.06.90) & JP 02 071358 A (HITACHI LTD), 9 March 1990 (09.03.90) abstract -----	1, 10
A	LI W C ET AL: "A MULTISTEP, NEWTON-TYPE CONTROL STRATEGY FOR CONSTRAINED, NONLINEAR PROCESSES" PROCEEDINGS OF THE AMERICAN CONTROL CONFERENCE, PITTSBURGH, June 21 - 23, 1989, volume 2, Nr. CONF. 8, 21 June 1989 (21.06.89), page 1526/1527 XP000088642 INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS See Algorithm. -----	1, 11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International Application No
PCT/DE 99/01672

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5159562 A	27-10-1992	NONE	
EP 0417993 A	20-03-1991	DE 69030859 D	10-07-1997
		DE 69030859 T	18-12-1997
		JP 2051366 C	10-05-1996
		JP 3188562 A	16-08-1991
		JP 7082486 B	06-09-1995
		US 5195026 A	16-03-1993
US 4918643 A	17-04-1990	NONE	
JP 02071358 A	09-03-1990	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

nationales Aktenzeichen

PCT/DE 99/01672

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 6 G06F17/60 G06F17/50

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 IPK 6 G06F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 159 562 A (PUTMAN RICHARD E J ET AL) 27. Oktober 1992 (1992-10-27)	1,10
A	Abbildung 3 Spalte 1, Zeile 1 -Spalte 3, Zeile 10 ---	2-9,11
X	EP 0 417 993 A (HITACHI LTD) 20. März 1991 (1991-03-20)	1,10
A	Seite 1-5 Seite 9, Zeile 5-22 ---	2-9,11
A	US 4 918 643 A (WONG CHIU-SEUNG R) 17. April 1990 (1990-04-17) Spalte 5, Zeile 45 -Spalte 6, Zeile 2; Abbildung 4 --- -/--	1-11

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

3. November 1999

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

11/11/1999

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Bowler, A

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie °	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 260 (P-1056), 5. Juni 1990 (1990-06-05) & JP 02 071358 A (HITACHI LTD), 9. März 1990 (1990-03-09) Zusammenfassung ---	1, 10
A	LI W C ET AL: "A MULTISTEP, NEWTON-TYPE CONTROL STRATEGY FOR CONSTRAINED, NONLINEAR PROCESSES" PROCEEDINGS OF THE AMERICAN CONTROL CONFERENCE, PITTSBURGH, JUNE 21 - 23, 1989, Bd. 2, Nr. CONF. 8, 21. Juni 1989 (1989-06-21), Seite 1526/1527 XP000088642 INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS See Algorithm. -----	1-11

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 99/01672

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5159562	A	27-10-1992	KEINE	
EP 0417993	A	20-03-1991	DE 69030859 D	10-07-1997
			DE 69030859 T	18-12-1997
			JP 2051366 C	10-05-1996
			JP 3188562 A	16-08-1991
			JP 7082486 B	06-09-1995
			US 5195026 A	16-03-1993
US 4918643	A	17-04-1990	KEINE	
JP 02071358	A	09-03-1990	KEINE	

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)